

Fasies dan lingkungan pengendapan Formasi Bobong berumur Jura sebagai pembawa lapisan batubara di Taliabu, Kepulauan Sanana-Sula, Maluku Utara

KUSNAMA

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro 57 Bandung

SARI

Formasi Bobong adalah suatu runtunan batuan sedimen klastika kasar yang terdiri atas fasies runtunan breksi dan konglomerat di bagian bawah, diikuti oleh fasies batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, dan menerus ke atas menjadi suatu fasies perselingan batuan klastika halus berupa serpih, batulempung, dan batulumpur. Formasi batuan ini tersingkap baik di bagian barat dan utara Pulau Taliabu, Kepulauan Sanana-Sula. Formasi ini berumur Jura dan diendapkan di lingkungan fluviatil, peralihan, sampai laut dangkal.

Lapisan batubara terdapat pada fasies batupasir kuarsa, serpih, dan batulempung-batulumpur yang merupakan bagian atas runtunan Formasi Bobong. Batubara di Pulau Taliabu ada dua lapisan dengan ketebalan 30 - 40 cm dan 100 - 120 cm.

Analisis geokimia batubara menghasilkan nilai kalori yang berkisar dari 6.715 sampai 7.350 kal/g, kandungan belerang dari 3% sampai 4,65%, karbon padat berkisar dari 45,69 - 53,96%, dan kadar abu dari 7,86 - 16,37%. Berdasarkan parameter tersebut di atas, batubara Formasi Bobong memiliki peringkat *sub-bituminous* sampai *high volatile bituminous*.

Kata kunci: Formasi Bobong, Jura, Pulau Taliabu, batubara, fasies, fluviatil - laut dangkal

ABSTRACT

The Bobong Formation is a coarse clastic sedimentary rock succession. In the lower part, it consists of breccia and conglomerate facies, then followed by quartz sandstone with intercalations of claystone facies. Upwards, the rock succession is gradually changed to become alternating shale, claystone and mudstone. In the upper section the rock unit is well exposed in the western and northern parts of the Taliabu Island. The formation is Jurassic in age and it was deposited within a fluvial-transition to shallow marine environment.

The coal bed found within quartz sandstone and shale and claystone-mudstone facies occupies the upper part succession of the Bobong Formation. The coal in the Taliabu Island has two seams having a thickness of 30 - 40 cm and 100 - 120 cm, respectively.

The geochemical analysis result indicates that the calorific value ranges from 6,186 to 7,350 cal/g, the sulphur content is from 3% to 4.65% , fixed carbon ranges from 45.69 to 53,96%, and ash content from 7.86 - 16.37%. On the basis of those parameter, the coal within the Bobong Formation is categorized as subbituminous to high volatile bituminous rank.

Keywords: Bobong Formation, Jurassic, Taliabu Island, coal, facies, fluvial - shallow marine

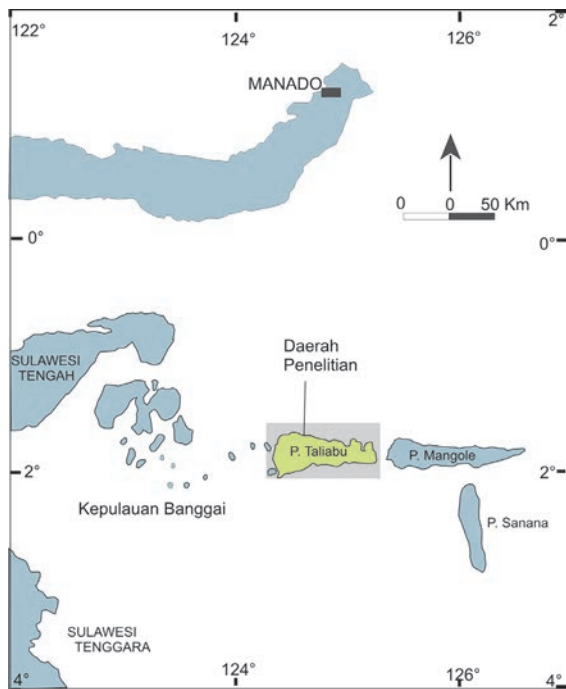
PENDAHULUAN

Pulau Taliabu terletak di Kabupaten Kepulauan Sanana-Sula yang beribu kota di Sanana, wilayah paling barat Provinsi Maluku Utara dengan ibu kota Ternate.

Penelitian batubara di Pulau Taliabu merupakan bentuk kerja sama antara Pusat Survei Geologi (dahulu Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) dengan PT. Gela Energy yang bergerak di bidang eksplorasi batubara yang berkedudukan di Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap.

Tahap pertama yaitu penelitian lokasi keterdapatan batubara secara umum, yang telah dilaksanakan pada Desember 2005; dan kemudian tahap kedua penelitian terperinci di daerah terpilih yang mengandung lapisan batubara, termasuk menentukan sebaran dan formasi batuan pembawa batubara yang dilaksanakan pada bulan April – Mei 2006.

Tujuan penelitian adalah untuk mengungkap runtunan terperinci batuan Formasi Bobong yang meliputi posisi stratigrafi, fasies batuan, proses pembentukan dan lingkungan pengendapan, tataan tektonika, struktur yang mengontrol satuan batuan, dan keterdapatan batubara pada runtunan formasi ini termasuk jenis, nilai kalori, dan jumlah lapisan. Lokasi daerah penelitian terletak di wilayah Kecamatan Taliabu Barat dengan pusat kota Bobong, Kabupaten Kepulauan Sanana-Sula, Provinsi Maluku Utara pada koordinat $124^{\circ}20'00''$ – $125^{\circ}30'00''$ Bujur Timur dan $01^{\circ}45'00''$ – $2^{\circ}00'00''$ Lintang Selatan (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan pemetaan geologi permukaan berupa pengamatan sebaran batubara yang tersingkap. Selain itu juga melakukan lintasan geologi terukur untuk setiap singkapan batubara yang dijumpai,

termasuk penggalian parit uji dan penggalian sumur uji untuk mengetahui penampang, baik mendatar maupun tegak.

Analisis geokimia batubara di laboratorium dilakukan untuk mengetahui kadar kelembaban atau kandungan air; presentasi kadar abu dan kandungan belerang yang berpengaruh terhadap kualitas batubara; kandungan zat terbang, dan kandungan karbon padat yang berhubungan langsung dengan peringkat batubara dan nilai kalori.

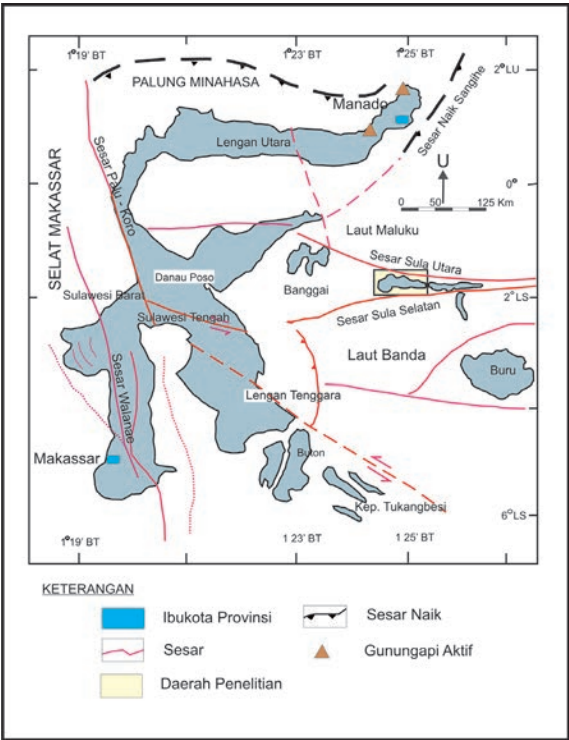
TATAAN GEOLOGI

Pulau Taliabu yang merupakan bagian dari deretan Kepulauan Banggai-Sula secara tektonis termasuk ke dalam Mintakat Banggai Sula (*Banggai-Sula Terrane*; Metcalfe, 1990) atau benua mikro (*micro continent*; Audley-Charles drr., 1972; Simanjuntak & Barber, 1996). Ini merupakan hasil tumbukan dengan sistem penunjaman sepanjang batas timur Paparan Sunda yang menghasilkan kerangka tektonika Indonesia Bagian Timur (Silver, 1977; Hamilton, 1979). Pulau ini diyakini berasal dari batas utara Benua Australia (Klompe, 1954) yang terpisah pada akhir Mesozoikum atau hingga Paleogen, dan terdorong sepanjang Sesar Besar Sorong yang diakibatkan oleh pergerakan Lempeng Laut Filipina (Mc Caffrey drr., 1981).

Sesar Sorong di wilayah Kepulauan Sula terpisah menjadi dua sistem sesar, yakni Sesar Sula Utara, dan Sesar Sula Selatan Kepulauan Banggai-Taliabu-Mangole yang terpisah dengan Pulau Sanana di selatan. Bentuk Pulau Taliabu-Mangole mencirikan pergerakan sesar Sorong yang berarah barat - timur. Sementara itu, Pulau Sanana-Sula yang berarah utara - selatan memotong tegak lurus kedua pulau tersebut (Gambar 2).

Stratigrafi Pulau Taliabu

Susunan stratigrafi Pulau Taliabu tersaji pada Gambar 3. Runtunan batuan paling bawah adalah Kompleks Batuan Malihan yang terdiri atas sekis, genes, amfibolit, filit, argilit, dan kuarsit yang diduga berumur Karbon. Ketebalan kompleks ini diduga lebih dari 1000 m. Berdasarkan hasil pentarikan radiometri, batuan malihan jenis sekis satuan ini berumur 305 ± 6 juta tahun atau Karbon (Sukanto, 1975a).



Gambar 2. Tataan tektonika wilayah Taliabu dan sekitarnya (modifikasi dari Audley-Charles, 1972; Silver, 1977; Hamilton, 1979).

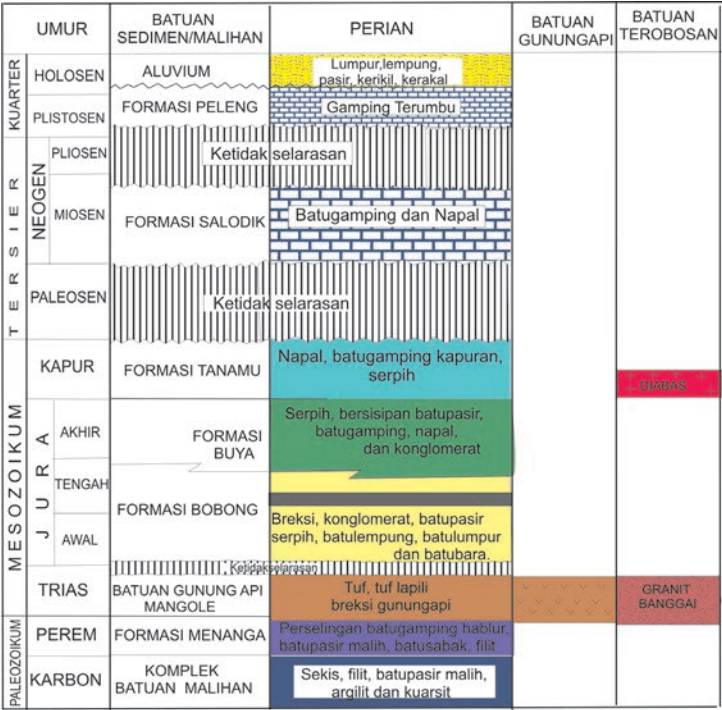
Secara tak selaras di atas Kompleks Batuan Malihan diendapkan Formasi Menanga yang terdiri atas perselingan batugamping hablur, batupasir malih, batusabak, dan filit.

Tebal satuan Formasi Menanga yang diperkirakan 1000 m diendapkan dalam lingkungan fluviatil - laut dangkal. Umurnya diperkirakan Perem (Supandjono & Haryono, 1993; Surono & Sukarna, 1993). Lokasi tipe berada di Sungai Menanga Pulau Taliabu.

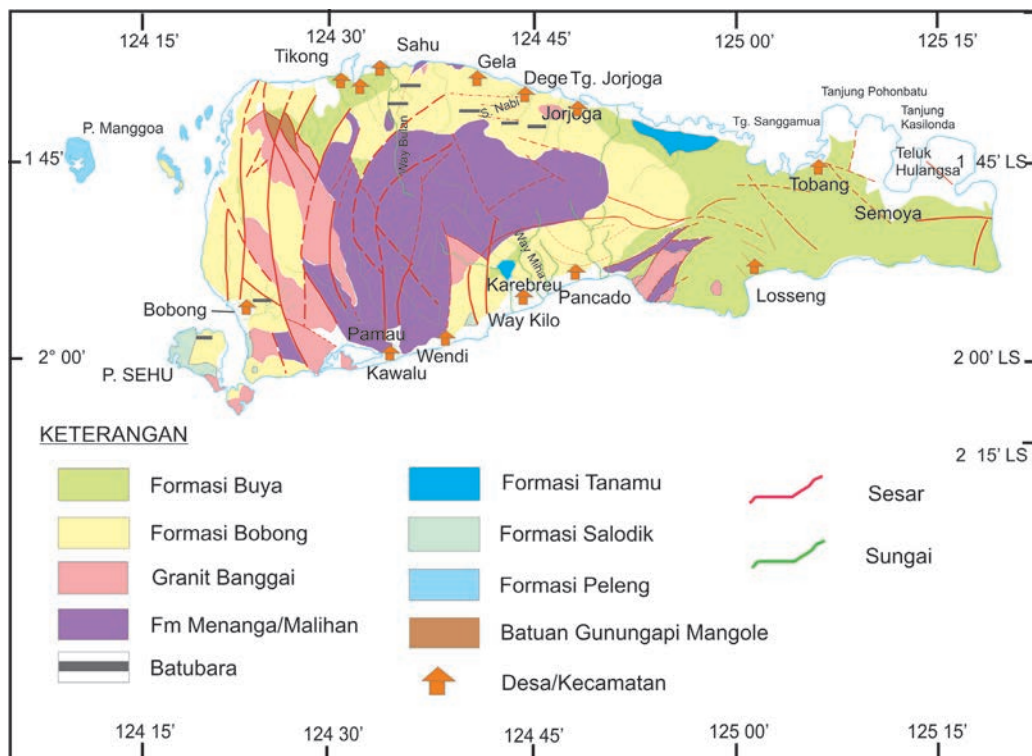
Formasi Menanga ditindih tak selaras oleh Batuan Gunung Api Mangole yang dikuasai breksi gunung api, tuf terkarsikan, dan ignimbrit. Terobosan Granit Banggai terdiri atas granit, diorit kuarsa, granodiorit, dan pegmatit (Gambar 4) yang berumur Perem Akhir - Trias (Sukanto, 1975a,b,c).

Secara tak selaras di atas batuan Paleozoikum dan Trias diendapkan Formasi Bobong yang terdiri atas breksi, konglomerat, dan batupasir kuarsa di bagian bawah, dan perselingan serpih dan batulempung-batulumpur di bagian atas. Setempat terdapat lensa batugamping, sisipan batulanau, bintal pirit, dan lapisan batubara.

Berdasarkan fasies, runtunan batumannya terdiri atas fasies darat sampai laut. Hadirnya lapisan ba-



Gambar 3. Stratigrafi Pulau Taliabu dan sekitarnya (modifikasi dari Supandjono & Haryono, 1993; Surono & Sukarna, 1993).



Gambar 4. Peta geologi Pulau Taliabu dan sekitarnya (Supandjono & Haryono, 1993; Surono & Sukarna, 1993).

tubara menunjukkan bahwa satuan batuan Formasi Bobong ini diendapkan dalam lingkungan fluvial, peralihan, sampai laut dangkal, dan diduga berumur Jura Awal - Tengah

Formasi Bobong tersebar luas di bagian barat, utara dan timur Pulau Taliabu. Tebal formasi ini sekitar 2000 m (Supandjono & Haryono, 1993), dan terlipat dengan kemiringan lapisan batuan rata-rata 20° - 30° .

Secara selaras dan sebagian menjemari di atas Formasi Bobong diendapkan Formasi Buya yang terdiri atas serpih bersisipan batupasir dan konglomerat, bintal batulempung gampingan, dan oksida besi. Keberadaan fosil foraminifera, belemnit, dan amonit terutama dalam batuan serpih memberikan indikasi kisaran umur Jura Tengah - Akhir. Lingkungan pengendapan Formasi Buya adalah lingkungan laut dalam sampai peralihan (Sato drr., 1978); dan lingkungan laut dangkal, dalam, sampai terbuka (Bizon drr., 1982). Tebal satuan ini diduga lebih dari 1000 m.

Formasi Buya secara selaras ditindih oleh Formasi Tanamu yang terdiri atas napal, kelabu agak kecoklat-

an, berlapis baik, dan tersebar di bagian timur dan utara Pulau Taliabu. Surono & Sukarna (1993) menjumpai adanya batugamping kapuran dan serpih pada seri napal Formasi Tanamu ini. Formasi ini berumur Kapur (Supandjono & Haryono, 1993; Surono & Sukarna, 1993). Berdasarkan runtunan napal yang berasosiasi dengan batugamping dan batupasir, maka lingkungan pengendapan Formasi Tanamu adalah garis pantai - laut dangkal. Tebal satuan batuan Formasi Tanamu sekitar 300 m.

Secara tak selaras dan terpisah di atas Formasi Tanamu diendapkan Formasi Salodik yang terdiri atas batugamping dan napal (Surono & Sukarna, 1993), sedangkan di Pulau Mangole ada sisipan batupasir pada runtunan batugamping. Sebaran Formasi Salodik di Pulau Taliabu dijumpai terutama di pantai utara bagian timur dan bagian selatan; sedangkan di Pulau Sehu terdapat di seberang barat Pulau Taliabu. Batugamping formasi ini berwarna kelabu terang yang sebagian berlapis baik, sementara sisipan batupasir, dan napal, berwarna coklat, agak padat dan agak keras, berlapis baik dengan ketebalan lapisan 1-10 cm.

Stratigrafi, Fasies, dan Sedimentologi Formasi Bobong

Secara stratigrafis Formasi Bobong terdiri atas tiga fasies, yaitu (a) breksi – konglomerat; (b) batupasir kuarsa dengan sisipan serpih, batulempung dan batulumpur; dan (c) perselingan serpih dan batulempung-batulumpur (Gambar 5).

Alas Formasi Bobong merupakan suatu runtunan material rombakan batuan tua hasil suatu erosi akibat pengangkatan pada Trias yang kemudian diendapkan

menjadi suatu runtunan batuan sedimen klastika kasar yang berangsur menjadi sedimen klastika halus, dan semakin ke lingkungan marin. Runtunan terperinci Formasi Bobong tersaji berikut ini.

(a) Fasies breksi-konglomerat

Fasies ini merupakan bagian bawah Formasi Bobong yang terdiri atas breksi berwarna merah kecoklatan, tersusun oleh kepingan granit, malihan, kuarsa, dan fragmen batuan lain dengan butiran menyudut, kemas tertutup, dan pilahan buruk, sangat padu sekali. Batuan ini diduga diendapkan sebagai hasil erosi berupa endapan rombakan (*reworked deposit*) dan bersentuhan secara tak selaras dengan batuan Granit Banggai (Supandjono & Haryono, 1993) dan Batuan Gunung Api Mangole (Surono & Sukarna, 1993) di bawahnya.

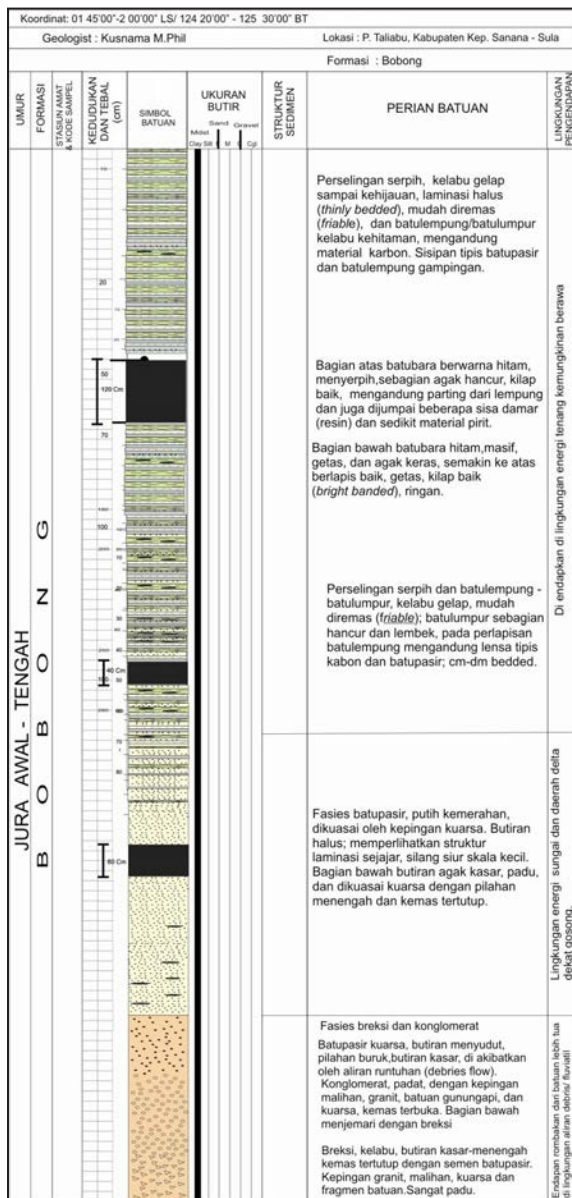
Breksi ini menjemari di bagian atasnya dengan konglomerat berwarna kecoklatan agak kemerahan. Tingkat konsolidasi batuan padat dan keras, yang mengandung komponen penyusun berupa batuan malihan, sedimen termalihkan, granit, batuan vulkanik dan kuarsa. Ukuran butir fragmen penyusun konglomerat ini mulai dari 10 cm sampai 25 cm dengan butiran membulat tanggung sampai membulat. Massa dasar berupa batupasir kasar dengan kemas terbuka.

Tidak dijumpainya batubara pada fasies ini membuktikan bahwa lingkungan pengendapannya tidak mendukung untuk tumbuhnya flora dengan baik. Akibat kontrol struktur yang cukup aktif pada awal Trias – Jura Awal, di kawasan ini telah terjadi suatu proses tektonika dan pengangkatan regional (Klompe, 1954; Pigram dr., 1985).

Lingkungan pengendapan fasies breksi dan konglomerat ini menunjukkan lingkungan fluviatil atau darat yang bersinggungan dengan suatu erosi atau aliran runtuhan (*debris flow*) atau kipas yang di sebabkan adanya pengangkatan (*uplifting*) akibat kontrol tektonika regional antara Lempeng Laut Filipina (*Phillipine Sea Plate*; Mc Caffrey dr., 1981) dengan Mintakat Benua Australia Utara (*Northern Australian Continental Terrane*; Silver, 1977).

(b) Fasies batupasir kuarsa

Fasies batupasir kuarsa merupakan bagian tengah Formasi Bobong. Batupasir dikuasai oleh kepingan/butiran kuarsa berwarna putih kemerahan yang terkonsolidasi cukup baik, berukuran menengah -



Gambar 5. Runtunan Formasi Bobong yang terdiri atas tiga fasies batuan.

kasar, membandar – membandar tanggung, kemas tertutup, setempat mengandung mika dan lapisan tipis material karbon kehitaman setebal 3-5 cm. Butiran kuarsa yang tertanam di dalam matriks terdiri atas lempung dan oksida besi. Struktur sedimen dijumpai berupa perarian sejajar dan silang siur, struktur bergradasi (*graded bedding*) dijumpai setempat di daerah Sungai Dege dan Sungai Gela bagian utara Pulau Taliabu.

Pada bagian atas fasies batupasir kuarsa dijumpai sisipan dan lensa-lensa tipis serpih dan batulumpur dengan tebal perlapisan 5 - 10 cm, juga lensa dan lapisan batubara serta material karbon yang semakin ke bagian atas perselingan ini semakin menebal dan lapisan batupasir semakin menipis.

Ketebalan fasies batupasir kuarsa di wilayah penelitian berkisar dari beberapa meter sampai puluhan meter. Dijumpainya struktur sedimen berupa laminasi sejajar, silang siur, toreh dan isi (*scour and fill*) dan struktur bergradasi (*graded bedding*) mengindikasikan bahwa fasies batupasir ini mengalami proses sedimentasi mulai dari energi arus kuat sampai tenang. Terdapatnya sisipan serpih, batulempung, dan batulumpur di bagian atas fasies batupasir ini memberi gambaran bahwa proses sedimentasi mulai mendekati wilayah yang memiliki media air dan kondisi tenang.

Endapan batubara pada fasies ini memiliki karakteristik warna hitam, masif, banyak mengandung *parting* batulempung dan serpih, dan umumnya berlapis baik dengan tebal perlapisan antara 1 - 3 cm. Tebal batubara mencapai 40 cm, dan di antaranya dijumpai sebagai sisipan-sisipan tipis berwarna kehitaman dalam batupasir.

Dengan dijumpainya struktur sedimen seperti toreh dan isi, gradasi menghalus ke atas dan sisipan batuan yang diendapkan dalam kondisi arus tenang, maka lingkungan pengendapan fasies ini adalah fluvial dengan karakter endapan sungai (*river deposit*) mendekati pantai (Jones & Hutton, 1984).

(c) Fasies perselingan serpih dan batulempung-batulumpur

Bagian paling atas Formasi Bobong terdiri atas perselingan serpih dan batulempung /batulumpur berwarna kelabu sampai kelabu kehitaman, terkonsolidasi cukup padat, mengandung lapisan batubara, material karbon, dan sisipan batupasir serta batulempung gampingan.

Lapisan serpih berwarna kelabu kehitaman, memperlihatkan struktur perarian sejajar dengan tebal perlapisan antara 3 - 5 cm, banyak dijumpai material karbon kehitaman, secara fisik getas (*brittle*) dan sebagian mudah diremas (*friable*). Serpih ini berselingan dengan batulempung dan batulumpur berwarna kelabu gelap, dengan perlapisan tipis sekitar 1 - 3 cm. Rasio perbandingan antara serpih dan batulempung-batulumpur adalah 2:1.

Di bagian bawah fasies ini dijumpai sisipan tipis batupasir dengan tebal 1 - 3 cm dan setempat dijumpai berupa lensa-lensa tipis, baik dalam lapisan serpih maupun dalam lapisan batulempung dan batulumpur.

Fasies perselingan serpih batulempung-batulumpur membentuk suatu rutunan cukup tebal dan secara kasat mata dijumpai adanya suatu perulangan lapisan berupa duplikasi runtunan.

Pada lapisan serpih banyak dijumpai cetakan dan fosil amonit dan belemnit yang berupa suatu horizon fauna yang tersimpan secara berulang mengikuti perulangan seri lapisan. Posisi fauna yang dijumpai mengikuti dan sejajar dengan bidang perlapisan serpih.

Semakin ke atas pada perselingan serpih dan batulempung-batulumpur dijumpai adanya sisipan batulempung gampingan dan serpih gampingan. Suatu perselingan serpih dan batulempung gampingan di bagian atas runtunan Formasi Bobong mengindikasikan adanya suatu hubungan menjemari dengan formasi batuan di atasnya. Batulempung gamping dan napal merupakan karakteristik Formasi Buaya berumur Jura Akhir.

Batubara yang dijumpai pada fasies perselingan serpih dan batulempung-batulumpur yang merupakan bagian atas Formasi Bobong ini secara fisik berwarna hitam, kilap baik, berlapis baik, setempat pejal, terutama di bagian bawah runtunan batuan. Lantai (*floor*) batubara terdiri atas serpih sedangkan tudung (*roof*) berupa batulumpur dan batupasir kuarsa. Tebal batubara bervariasi mulai dari 15 - 40 cm (*Seam A*) dan 50 - 120 cm (*Seam B*), dengan lapisan penutup setebal 150 cm serta lapisan antara (*interburden*) setebal 50 cm.

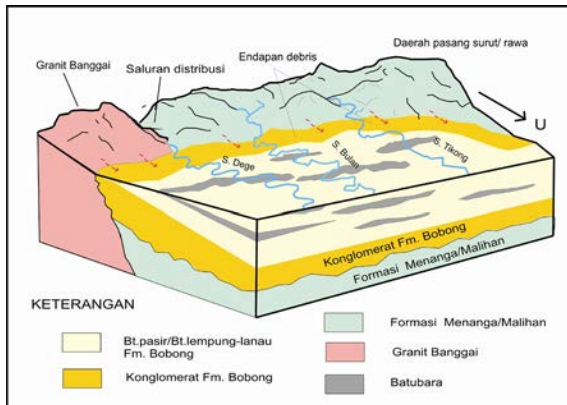
Dijumpainya sisipan batupasir yang terbentuk pada kondisi energi kuat atau paling tidak telah mengalami transportasi cukup jauh dan batulempung gampingan yang terbentuk pada kondisi laut dangkal dan tenang menunjukkan fasies serpih dan batulem-

Lintasan Wilayah Dege (Sungai Gela dan Jorjoga)

Bagian bawah batubara pejal, semakin ke atas berlapis baik dengan tebal perlapisan antara 5 - 15 cm, getas dan pada bidang perlapisan agak menyerpih dan sedikit mengandung material lempung. Lapisan batubara pejal ini memiliki ketebalan antara 15 - 40 cm. Bagian bawah lapisan batubara bersentuhan secara tajam dengan serpih dan batulempung - batulumpur kelabu gelap. Batulumpur sebagian hancur dan lembek, mengandung bahan karbonan dan lensa-lensa batubara, dan terkadang menerus tipis searah bidang perlapisan.

Bagian atas batubara menyerpih dan sebagian hancur, dengan *parting* berupa lempung kelabu kecoklatan. Di dalam *parting* lempung ini dijumpai material damar (*resin*) berwarna bening, dan lapisan tipis pirit. Sifat belah subkonkoidal, kemungkinan karena banyaknya buntal-buntal damar dan pirit. Tungkat batubara batupasir kelabu kehitaman, lembek, mengandung lensa-lensa lempung dan material karbonan. Bagian atas runtunan batupasir ini sangat halus dengan struktur laminasi sejajar dan silang-siur skala kecil. Bagian bawah batupasir agak kasar, padu, dikuasai kuarsa dengan pilahan menengah, kemas tertutup, dan banyak mengandung karbon kehitaman.

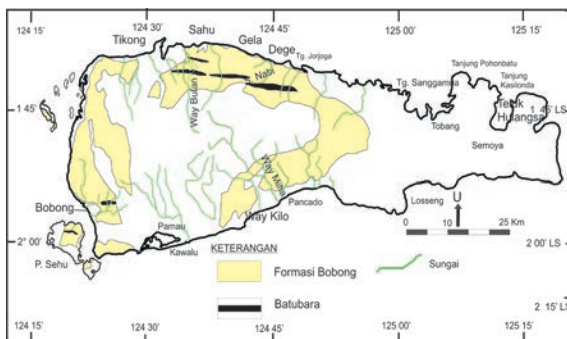
Jurus dan kemiringan batubara terukur N10°E/12° dan N80°E/20° dengan total tebal mencapai 80 cm (Gambar 8). Batubara di wilayah Dege terbentuk pada saat kondisi tenang, ditandai dengan sifat fisik batubara di bagian bawah yang pejal sehingga mencerminkan pada saat itu pembentukan batubara tidak mengalami gangguan. Secara berangsur, semakin ke atas mulai banyak terdapat *parting* berupa batulempung yang menandai adanya pengaruh arus bolak-balik di lingkungan pasang surut; yang kemudian diikuti runtunan serpih yang berselingan dengan batulempung-batulumpur.



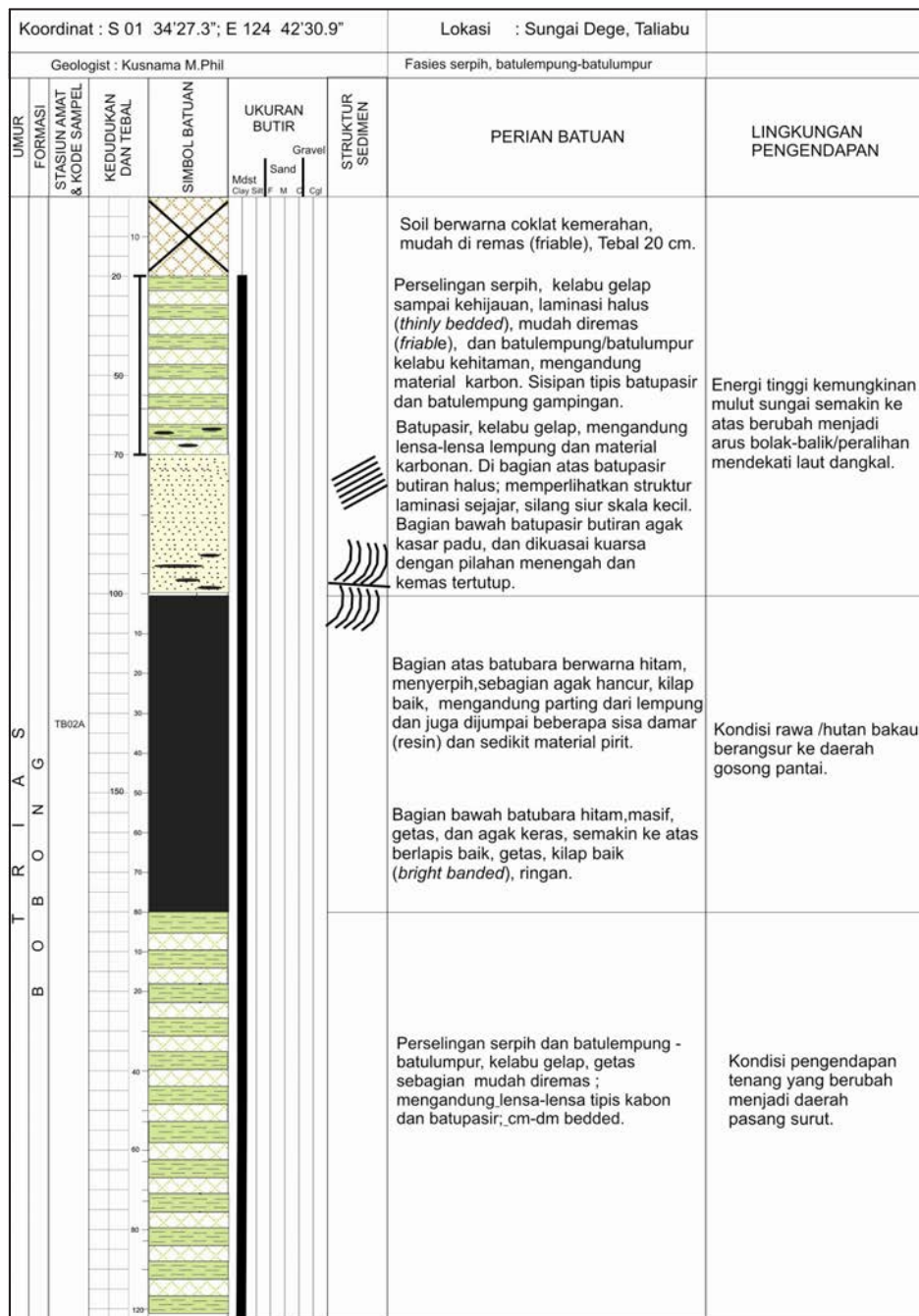
Gambar 6. Blok diagram lingkungan pengendapan Formasi Bobong dan batubara di Pulau Taliabu, Maluku Utara.

LITOTIPE DAN KARAKTERISTIK BATUBARA

Berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa sungai di Pulau Taliabu seperti Sungai Dege Hulu, Sungai Nabi, Sungai Bulan (Desa Sahuu), dan Sungai Gela Hulu (Gambar 7), pembentukan batubara umumnya ditemukan pada fasies batupasir kuarsa dan fasies perselingan serpih dan batulempung-batu-lumpur. Temuan lapisan-lapisan batubara tersebut akan menguraikan litotipe dan karakteristik batubara di beberapa lokasi lintasan.



Gambar 7. Sebaran keterdapatan lapisan batubara di Pulau Taliabu.



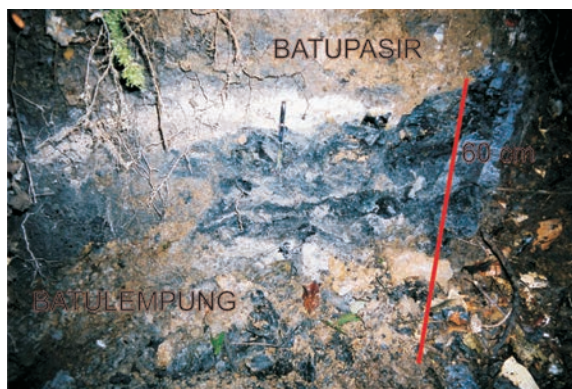
Gambar 8. Kolom batubara pada fasies serpih, batulempung-batulumpur di Sungai Dege, Pulau Taliabu.

Pasca pembentukan batubara terjadi perubahan lingkungan dari arus tenang kemungkinan rawa menjadi saluran (*channel*) Selain itu, di wilayah ini terendapkan batupasir yang memiliki butiran kuarsa membundar – membundar tanggung, struktur laminasi sejajar dan silang-siur planar.

Terdapatnya bintal pirit dan parting pada batubara, juga struktur laminasi sejajar dan silang siur berskala kecil pada batupasir, maka batubara yang terdapat di lintasan ini dipengaruhi oleh mulainya kondisi lingkungan pengendapan laut dangkal dan daerah pasang-surut di muara-muara aliran sungai.

Sungai Wangabrede-Nabi

Batubara dijumpai pada perselingan serpih dan batulempung-batulumpur yang memiliki sifat fisik berwarna hitam, gores hitam, dengan litotipe *bright banded*, sifat beban ringan, berlapis baik dan sebagian pejal terutama di bagian bawahnya; kekerasan menengah sampai getas (Gambar 9).



Gambar 9. Foto lapisan batubara sebagai sisipan dalam fasies batulempung-batulumpur dan fasies batupasir kuarsa di wilayah Wangabrede.

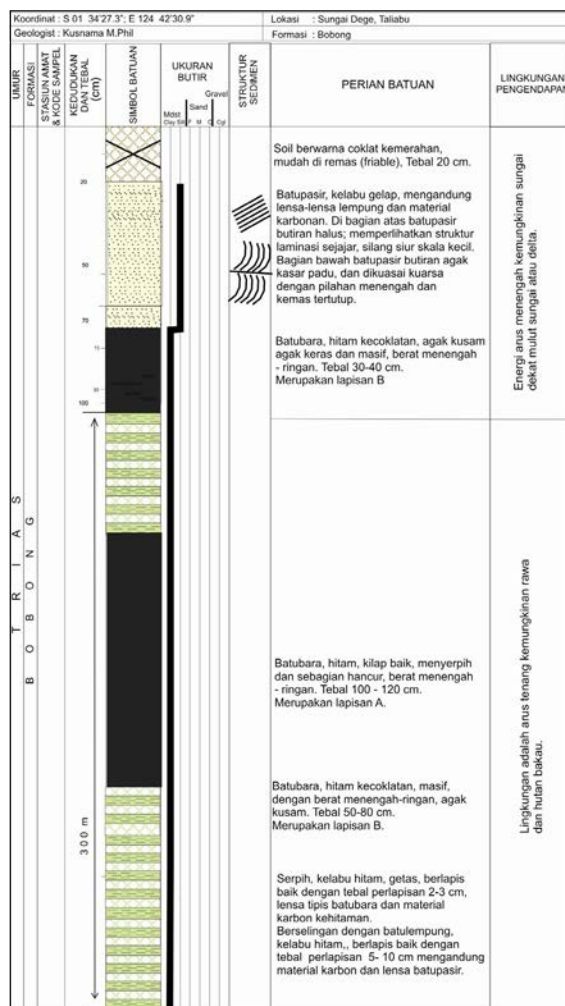
Bintal pirit dijumpai pada bidang perlapisan batubara, berwarna kuning pucat. Sesar kecil berarah N 35°/45°E dijumpai memotong lapisan batubara mengakibatkan penggerusan pada bidang perlapisan batubara, sehingga sebagian mengalami kehancuran (*fractured*). Tebal batubara mencapai 60 cm dengan jurus dan kemiringan berarah N20°E/15°.

Secara kontak tajam di atas batubara terendapkan fasies batulempung berbatulumpur, kelabu kehitaman, getas, berlapis baik dengan tebal perlapisan 2-5 cm, yang ditindih kemudian oleh fasies batupasir kuarsa.

Batubara diduga terendapkan dalam kondisi tenang di daerah pasang surut dengan energi kecil - menengah. Indikasi ini terlihat dari fasies perselingan serpih dan batulempung-batulumpur yang membentuk suatu perulangan batuan cukup tebal dengan struktur sedimen silang-siur planar skala kecil dan keberadaan bintal pirit yang mencirikan pengaruh laut. Dengan demikian diduga fasies batuan dan batubara di Wangabrede ini diendapkan dalam lingkungan fluviatil sampai peralihan (daerah pasang surut) atau garis pantai (*shore line*).

Sungai Bulan

Batubara dijumpai sebagai sisipan dalam perselingan serpih dan batulempung-batulumpur dengan fisik warna hitam, kilap bagus, sifat beban ringan, sebagian agak pejal dengan tebal batubara sekitar 100 cm. Di wilayah ini dijumpai dua lapisan batubara, yang masing-masing tebalnya 120 cm dan 80 cm (Gambar 10). Lapisan batubara memperlihatkan jurus kemiringan N20E/10.



Gambar 10. Runtunan lintasan Sungai Bulan, Sahuu.

Batubara di wilayah Sungai Bulan memiliki karakteristik warna hitam dengan litotipe *bright banded*, berlapis baik, menyerpih, dan sebagian hancur (*fractured*) dengan sifat beban dari menengah sampai ringan. Alas berupa batulempung, kelabu terang,

mengandung pirit berwarna kuning kecoklatan. Tudung terdiri atas batupasir dengan sisipan batulempung, kelabu kehitaman, agak konglomeratan, dan memperlihatkan jurus kemiringan N315E/15. Tebal lapisan batubara antara 100 - 120 cm, dan merupakan lapisan (*seam*) A (Gambar 11).



Gambar 11. Foto batubara lapisan A di daerah Sungai Bulan tebal 120 cm.

Lapisan B dijumpai dalam fasies runtunan batupasir kuarsa dan lempung dengan warna hitam kecoklatan, agak keras, dan pejal dengan berat menengah – ringan, agak kusam, sifat belah konkoidal. Batuan di atas batubara (*roof*) terdiri atas batupasir kuarsa, agak keras - getas, agak padu dan dikuasai oleh mineral kuarsa. Sementara di bawahnya adalah batulempung kelabu kecoklatan, mengandung pasiran dengan tebal sekitar 100 cm. Jurus dan kemiringan batubara berarah N280E/15-20 dengan tebal lapisan antara 50 - 120 cm (Gambar 12).



Gambar 12. Foto batubara lapisan B di Sungai Bulan dengan tebal 80 cm.

Pulau Sehu

Batubara dijumpai pada fasies batupasir kuarsa dengan ciri fisik berwarna hitam, berlapis baik, agak ringan dan kilap cukup baik, namun setempat gembur dengan parting serpih lempungan; jurus/kemiringan lapisan berarah N310E/45 dan memiliki tebal 80 cm.

Bagian tudung batubara berupa batupasir gampingan berwarna kelabu dengan tebal perlapisan antara 30 - 50 cm. Tebal lapisan tudung keseluruhan diperkirakan 15 m. Sementara alas batubara berupa batulempung berwarna kelabu terang, lunak mengandung sedikit butiran pasir kuarsa.

ANALISIS GEOKIMIA

Analisis proksimat dan ultimat tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kimia Batubara

No	Contoh	Air Lembab %, adb	Abu %, adb	Zat Terbang, %	Karbon Padat, %	Belerang Total %, adb	Nilai kalori kal/g , adb
1.	Sungai Bulan	8,62	7,86	42,56	50,96	4,21	7.350
2.	Sungai Bobong	8,19	16,37	46,80	48,64	4,65	6.715
3.	Sahuu	6,21	16,17	42,94	44,68	4,35	6.996
4.	Pulau Sehu	5,38	21,25	30,69	41,38	9,70	5.512
5.	Pulau Sanana	5,89	7,12	41,30	35,69	3,00	5.186

Air Lembab (*Moisture Content*)

Kadar kelembaban batubara Pulau Taliabu berkisar antara 5,38% – 8,62 %. Sementara itu kadar kelembaban batubara Pulau Sanana sekitar 5,89 %. Dari hasil analisis ini terlihat bahwa kadar kelembaban percontoh batubara dari kedua daerah ini berada di bawah 10% yang termasuk kategori rendah - menengah.

Kadar Abu (*Ash*)

Tiga percontoh batubara dari Desa Sahuu, satu dari Pulau Sehu dan satu dari Pulau Sanana memperlihatkan kadar abu yang terkandung cukup tinggi. Kadar abu batubara Desa Sahu berkisar antara 7,86 % sampai 16,37 %, sementara di Pulau Sanana dan Pulau Sehu masing - masing sekitar 7,12 % dan 21,25%. Dari hasil analisis tersebut tampak bahwa kandungan abu pada batubara kedua wilayah ini cukup tinggi karena setiap singkapan yang dijumpai memiliki *parting* (sisipan) lempung dan serpih cukup signifikan.

Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Kandungan zat terbang batubara Desa Sahu berkisar antara 42,56 % - 46,80 m%, sedangkan batubara Pulau Sanana dan Sehu masing-masing kandungan zat terbangnya 41,30 % dan 30,69%. Kandungan zat terbang yang cukup tinggi diduga akibat banyaknya kandungan gas dalam batubara.

Karbon Padat (*Fixed Carbon*)

Nilai kandungan karbon padat berhubungan erat dengan nilai kalori batubara. Karbon padat yang terkandung di dalam batubara yang terdapat di Desa Sahuu adalah 28,64 % sampai 40,96%, sedangkan batubara yang tersingkap di Pulau Sanana dan Pulau Sehu masing-masing kandungan karbon padatnya 35,69 % dan 42,68% .

Kisaran karbon padat di daerah ini menggambarkan kepadatan zat karbon pada batubara cukup tinggi, sehingga berpengaruh pada nilai kalori batubara itu sendiri.

Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Hasil analisis batubara wilayah Bobong menunjukkan nilai kalori batubara antara 6.715 -7.350 kal/g. Sementara itu nilai kalori batubara Pulau Sanana adalah 5.186 kal/g dan Pulau Sehu menunjukkan nilai kalori sekitar 5.512 kal/g.

Seperti disinggung di atas bahwa nilai kandungan karbon berhubungan erat dengan nilai kalori, semakin besar nilai kandungan karbon padat semakin tinggi nilai kalorinya. Dari nilai kalori batubara yang terdapat di Pulau Taliabu dan Pulau Sanana, batubara di daerah ini termasuk ke dalam peringkat bituminus dengan kategori *volatile* tingkat tinggi (Cook dan Kantsler, 1982).

Belerang Total (*Total Sulfur*)

Kandungan belerang dalam batubara di wilayah Bobong dan Sungai Bulan, Pulau Taliabu termasuk klasifikasi menengah - tinggi, dengan nilai sekitar 4 %, begitu pula di Pulau Sanana kandungan belerangnya 3%, dan yang lebih tinggi lagi di Pulau Sehu yang menunjukkan nilai >9%.

PEMBAHASAN

Formasi Bobong cenderung terendapkan di sekitar tepian suatu tinggian yang dibentuk oleh batuan Ganit Banggai, Batuan Malihan, dan Formasi Menanga (Gambar 4, 6, dan 7), dan membentuk rupa bumi bagian barat Pulau Taliabu relatif lebih lebar dan lebih tinggi dibanding bagian timur. Longsor ketiga batuan ini menghasilkan suatu endapan rombakan berupa breksi dan konglomerat di bagian bawah Formasi Bobong yang secara tekstur lebih kasar.

Batubara berkembang baik di bagian utara, mulai dari Tikong – Sahu sampai Jorjoga di bagian tengah, serta Bobong dan Pulau Sehu di bagian barat Pulau Taliabu (Gambar 4). Pola struktur yang berkembang di daerah penelitian kemungkinan mengontrol pengendapan Formasi Bobong dan sebaran batubara terutama di bagian barat (Gambar 4), sementara di utara pola struktur lebih berkurang.

Kemiringan lapisan batubara yang secara umum berarah ke utara membentuk pola sebaran yang menunjam ke arah Laut Maluku sehingga radius sebarannya terbatas sekali dengan lapisan penutup (*overburden*) cukup tebal, yang merupakan kendala dalam melakukan eksplorasi selanjutnya.

Formasi Bobong dapat dibedakan menjadi tiga fasies batuan utama yaitu fasies breksi-konglomerat, batupasir kuarsa, dan fasies batulempung-batulumpur. Penutup ketiga fasies tersebut mencerminkan urutan batuan berbutir klastika kasar di bawah dan ke

arah atas menjadi klastika halus. Dengan demikian susunan batuan menggambarkan model pengendapan mulai dari paling darat (*fluviatil*) dataran pantai-rawa hingga menuju laut dangkal. Lapisan batubara terdapat di dalam fasies batupasir kuarsa dan fasies batulempung-batulumpur.

Penentuan peringkat dan kualitas batubara Formasi Bobong dilaksanakan berdasarkan beberapa parameter, yakni nilai kalori, air lembab, kadar abu, zat terbang, dan karbon padat. Nilai kalori batubara Pulau Taliabu yang berkisar antara 6.715 - 7.350 kal/g lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kalori batubara Pulau Sehu (5.512 kal/g) dan Pulau Sanana (5.186 kal/g). Nilai kalori ini memperlihatkan hubungan yang positif dengan kandungan karbon padat di masing-masing pulau, yakni batubara Pulau Taliabu (44,68 - 50,96 %), Pulau Sehu (41,38 %), dan Pulau Sanana (35,69 %).

Nilai kelembaban batubara di Pulau Taliabu (6,21 - 8,62 %) relatif lebih tinggi dibandingkan batubara Pulau Sehu (5,38 %) dan juga Pulau Sanana (5,89 %). Selanjutnya kadar abu batubara di ketiga pulau termasuk tinggi, yakni 7,12 - 16,37 %. Kadar zat terbang di Pulau Taliabu dan Sanana berkisar dari 41,30 - 46,80 %, sedangkan di Pulau Sehu jauh lebih rendah (30,69 %).

Peringkat batubara Formasi Bobong cukup baik dan berada dalam kisaran *sub-bituminous* sampai *high volatile bituminous*. Namun secara keseluruhan kuantitas dan kualitas batubara dikategorikan tidak baik (*poor*) karena tebalnya kurang signifikan dan nilai kandungan sulfur total terlalu tinggi (3 - 4,7 %).

KESIMPULAN

Formasi Bobong dapat dibagi ke dalam tiga fasies batuan, yakni:

- bagian bawah berupa breksi dan konglomerat, hasil suatu endapan rombakan dari batuan yang lebih tua seperti granit, batuan malihan, dan batuan gunung api yang berlingkungan darat (*fluviatil*);
- bagian tengah berupa batupasir kuarsa yang memperlihatkan suatu proses pengendapan endapan sungai yang aktif dengan energi yang cenderung arahnya bolak-balik (pasang surut);
- bagian atas adalah perselingan serpih dan batulempung-batulumpur yang terbentuk pada

kondisi pantai berawa sampai laut dangkal dan tenang.

Secara umum, batubara yang merupakan sisipan dalam Formasi Bobong memiliki dua lapisan (*seam*), yakni *Seam A* (50 - 120 cm) yang terendapkan dalam fasies serpih dan batulempung-batulumpur, seperti yang dijumpai di Sungai Dege, Wangabrede, dan Pulau Sehu; dan *Seam B* (50 - 80 cm) yang dijumpai pada fasies batupasir kuarsa dijumpai di Sungai Bulan.

Ucapan Terima Kasih—Terima kasih kepada Koordinator Kelompok Dinamika Cekungan, Pusat Survei Geologi dan rekan sejawat yang telah membantu sumbangan pikiran dan diskusi untuk segi ilmiah dan kualitas isi makalah ini. Terima kasih pada Heri Hermiyanto dan Ridwan Risnadi yang telah membantu dalam penataan dan penyelesaian makalah ini.

ACUAN

- Audley-Charles, M.G., Carter, D.J., dan Milsom, J.S., 1972. Tectonic development of Eastern Indonesia in relation to Gondwanaland dispersal. *Nature*, 239, h.35-39.
- Badan Standardisasi Nasional, 1998. Klasifikasi Sumberdaya Mineral Dan Cadangan. *BSNI 13.4726.1998*.
- Bizon, G., Bizon, J.J., dan Muller, C.1982. Result stratigraphiques (Foraminifères et nanoplancton) des échantillons prélevés en Indonésie dans l'Archipel de Sula et de Sulawesi (Celebes), tidak dipublikasikan.
- Cook, A.C. dan Kantsler, A.J., 1982. *The Origin and petrology of organic matter in coals, oil shales and petroleum source rocks*. The University of Wollongong, Wollongong, NSW, 35h.
- Hamilton, W., 1979. Tectonics of the Indonesian Region. *United States Geological Survey Professional Paper* 1078.
- Jones, B.G. dan Hutton, A.C., 1984. Fluvio-Deltaic Systems: Facies analysis in exploration. *Australian Sedimentologists Specialists Group*, 379h.
- Klompe, Th. H.F., 1954. The structural importance of the Sula Spur (Indonesia). *Indonesian Journal for Natural Science*, 1-3, h.21-40.
- McCaffrey, R., Silver, E.A., dan Raitt, R.W., 1981. Seismic refraction studies in East Arm Sulawesi-Banggai Islands region of Eastern Indonesia. Dalam: Barber, A.J. dan Wirjosujono, S. (Eds.), the Geology and Tectonics of Eastern Indonesia, *Special Publication, Geological Research and Development Centre*, 2.
- Metcalf, I., 1990. Allochthonous terrane processes in Southeast Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A331, h.625-640.
- Pigram, C.J., Suroso, dan Supandjono, J.B., 1985. Origin of the Sula Platform, eastern Indonesia. *Geology*, 13, h.246-248.

- Sato, T., Westermann, G.E.G., Skwarko, S.K., dan Hasibuan, F., 1978. Jurassic biostratigraphy of the Sula Islands, Indonesia. *Bulletin of Geological Survey of Indonesia*, 4 (1), h.1-28.
- Silver, E.A., 1977. The Sula Spur Enigma. *Geological Society of America Abstract*, 9 (7), h.1175.
- Simanjuntak, T.O. dan Barber, A.J., 1996. Contrasting tectonic styles in the Neogene Orogenic Belts of Indonesia. Dalam: Hall, R. & Blundell, D. (eds.): Tectonic Evolution of Southeast Asia. *Geological Society Special Publication*, 106h.
- Sukamto, R. 1975a. *Peta Geologi Indonesia, Ujung Pandang, skala 1:1000.000, Lembar VIII*. Direktorat Geologi, Bandung
- Sukamto, R. 1975b. The structure of Sulawesi in the light of plate tectonics. *Association Indonesian Geologists. Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*, 25h.
- Sukamto, R., 1975c. Geologi daerah Kepulauan Banggai dan Sula. *Geologi Indonesia*, 2 (3), h.23-28.
- Supandjono, J.B. dan Haryono, E., 1993 . *Peta Geologi Lembar Banggai, Maluku Utara, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono dan Sukarna, D., 1993. *Peta Geologi Lembar Sanana, Maluku, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Naskah diterima : 27 Februari 2008
Revisi terakhir : 08 Agustus 2008